任务特征与游戏化设计对公众科学参与意愿影响的实验研究*

■ 周鑫雪　汤健　王天梅
中央财经大学信息学院　北京 100081

摘要：［目的/意义］探讨公众科学，即一种通过招募普通大众协作进行科研工作的众包模式下，任务特征及游戏化设计对用户参与意愿影响，为有效优化公众科学项目任务设计及游戏化应用提供指导建议。［方法/过程］基于工作特征模型和自我决定理论，构建公众科学项目用户参与意愿的影响因素理论模型，解释公众科学任务特征如何通过满足公众的基本心理需求进而影响公众参与意愿，并讨论游戏元素对任务特征与基本心理需求关系的调节作用。实证采用组间实验（游戏化设计组 vs. 对照组）获取506份有效数据，并通过结构方程模型方法对理论模型进行验证。［结果/结论］数据分析结果表明，个体的三种基本心理需求对参与意愿都具有正向影响作用；公众任务的重要性对归属有正向影响作用，反馈性对胜任有正向影响作用，复杂性对胜任有反向影响作用；而游戏化设计对任务特征与参与者心理需求的关系存在调节作用。

关键词：公众科学　任务特征　自我决定理论　游戏化　参与意愿
分类号：G315
DOI：10.13266/j.issn.0252-3116.2018.23.012

1 引言

众包的出现和发展推动了互联网环境下网民的群体协作，尤其在商业情境中的应用使企业、组织得以利用广大网民的智慧与力量共同解决问题和完成任务。当众包项目的发起者为科学家或者科研机构，发起目的是解决科学难题时，众包便从传统的商业模式发展成一种新型科研协作模式，又称科研众包。科研众包打破了科学家、科研团队与普通大众之间的藩篱，同时促进了不同科研团队的交叉式创新[1]。公众科学（citizen science）产生于科研众包模式下，是将科学研究项目中大量复杂任务划分为简单、细小的任务，集合公众的力量以低成本、高效率的方式实现科学研究的工作模式[2]。尽管前期研究中有学者把科研众包与公众科学两者等同，但是两者在核心概念上有所区分。首先，科研众包是解决问题的理念和范式，而公众科学更强调项目的公共性和社会使命属性；其次，科研众包相关理论是展开公众科学项目的理论基础，公众科学植根于科研众包模式，是科研众包的一种表现形式[3]。

随着社交网络 Web 2.0、云服务和智能手机的迅速发展，面对海量的计算、大规模样本采集，越来越多的科学家和科研团队意识到仅依靠自己的力量难以完成，需要号召更多的志愿者参与到科研活动中。公众科学项目可以迅速聚集大量人力进行科技创新，解决科学问题，进而促进不同领域科学研究的发展[4]。尤其是图书馆领域，图书馆为公众科学提供平台优势和资源优势[5]，而通过运作公众科学模式亦能丰富图书馆资源系统，对提升管理服务、参考咨询也有很大的价值[6]，因此公众科学项目为图书情报领域带来新的研究机遇[3]。

目前公众科学在国外发展有一些较成熟的项目，如星系动物园（Galaxyzoo），蛋白质折叠游戏（Foldit）。而我国尚处于起步阶段，设计及运作机制还需要探索研究。因此，本文通过深入分析国内外学者对公众科学任务设计的研究，从任务特征及游戏化设计视角出

* 本文系教育部人文社会科学研究“基于游戏化设计的公众科学用户贡献行为及学习成效研究”（项目编号：18YJCZH160）和中央财经大学学科建设经费“数字经济与商务智能关键理论研究”（项目编号：020651618002）研究成果之一。
作者简介：周鑫雪（ORCID：0000-0001-9939-0850），博士研究生；汤健（ORCID：0000-0002-8283-1961），讲师，博士；王天梅（ORCID：0000-0002-1019-2339）教授，博士生导师，通讯作者，E-mail：wangtianmei@cufe.edu.cn。
收稿日期：2018-06-20　修回日期：2018-08-10　本文起止页码：97-105　本文责任编辑：徐健

发，基于工作特征模型及自我决定理论，探讨任务特征如何通过满足心理需求进而影响参与意愿，并探究游戏化设计是否对任务特征与基本心理需求之间的关系产生调节作用。以期回答公众科学项目的任务特征及游戏化设计会对大众的参与意愿产生哪些影响，为我国公众科学项目的设计提供具体明确的指导，吸引大众的参与，促进科技创新，推动公众科学在中国的发展。

2 相关文献研究

2.1 科研众包视角下的公众科学

科研众包是利用网络大众的智慧和力量解决科学发现和技术创新的难题[1]，实现了科学家、科研团队与普通大众之间合作，借助大众力量和群体智慧去解决各个专业学科或者交叉领域的科学难题。科研众包的参与者可以是普通大众，也可以是不同科学研究机构、科研团队的工作者，主要任务包括数据采集、汇报、研究设计、辅助式研究开发等工作，并通过网络共享平台进行知识与成果开放共享，获知科研最新进展[7]。与传统商业领域的众包项目相比，科研众包在复杂度、粒度和属性结构上都更为丰富，需要合理设计和拆分任务才能被大众理解。同时，科研众包项目会产生更复杂、多元的数据。

科研众包是一种解决问题的理念和范式，而且不是所有的科研众包项目都能界定为公众科学项目。D. GEIGER 和 M. SCHADER[8]将众包划分为涌现性和非涌现性。涌现性科研众包每个个体的贡献是总体的一部分，旨在收集更多更广泛的分布式信息与数据；非涌现性科研众包每个个体的贡献是独立的，对其成果开展最优化选择模式，如竞赛型科研众包。卫垌圻等[2]将科研众包分为集成型和选择型科研众包，公众科学属于集成型科研众包模式。公众科学项目的大众接受度和理解度要更强，获得用户参与反馈数量和样本数量更多，项目具有公共性和社会使命属性[3]。

公众科学，又称作群智科学(crowd science)、公民参与科学(public participation in scientific research)[2,10]，是一种群体协作的科研众包形式，通过网络招募大量非职业科学家、科学爱好者和社会公众志愿者参与科研活动。普通民众通过收集数据、提交观点、思考等多种方式为科学家提供帮助。公众科学提高了公民的科学参与意识，为公众的培训和学习提供了信息交互平台，并有助于科学研究中难题的解决。A. WIGGINS 与 K. CROWSTON[11]基于项目内容和本质将公众科学划分为5类，分别为“行动导向的项目”“保护项目”“调查项目”“面向科学的虚拟工程”“教育项目”。J. SHIRK 等[2]基于参与者的参与程度将公众科学项目分为5类：契约型项目(contractual projects)、贡献型项目(contributory projects)、协作型项目(collaborative projects)、联合创新型项目(co-created projects)、共议型项目(collegial projects)。现有研究从不同的视角对公众科学的内涵进行了界定。有的学者倾向于把公众科学看作是一种方法论[12-13]，为其他领域研究提供支持，包括公共服务项目、自然保护项目、教育服务项目等诸多领域[14]；也有学者把公众科学看成一种具体的联结人与自然生态系统的工具[15-17]；还有的学者认为公众科学是众包领域的一个分支[18]，一种开放式的科研模式[19]。综上，公众科学是一种更注重社会性、志愿性、使命性的科研众包模式，是科研众包的一种具体表现。

2.2 任务设计特征

任务设计是公众科学项目的核心，参与者通过完成小的任务来辅助解决更大的问题[20]。公众科学的任务具有不同的复杂程度和模块化程度[21]，具体任务类型有分类型任务、解决问题型任务、结构识别型任务和数据贡献型任务[11]。如何设计有效的任务形式激励参与者的参与，离不开对任务特征的研究。H. C. ZHENG 等[22]研究任务的多种属性即自治性、多样性、隐含性、可分析性和可变性如何通过内外动机对参与行为产生影响。结果表明，提高任务的自治性、多样性和可分析性能够激励用户的内在动机，从而提高用户的参与积极性。师蕾[23]发现大量用户倾向于选择奖励高、任务简单且持续时间短的众包任务。A. FINNERTY 等[24]探究了4种货币奖励方式对众包用户参与积极性的影响，指出动态的货币奖励方式能够激励接包方提高任务的完成质量。C. M. CHIU[25]从管理角度研究了企业众包任务的设计，需要考虑任务的合适性、可行性、多样性、复杂性、任务分解和参与群体的匹配程度。

公众科学作为科研众包的一种具体形式，用户参与动机多是出于贡献意识及利他主义[26]，对社会生活能够产生重要影响的项目会激发公众的参与热情及为科学研究及社会贡献力量的意识。因此，首先，项目的重要性是任务设计的一个关键属性，对用户有关键的影响作用。其次，互依性是指任务之间是否相互独立或者是否有关联。任务互依性弱能够使参与者不依赖于他人的完成结果，用户具有高自主性，可以自行决定

任务完成的计划和进度。C. FRANZONI 与 H. SAUERMANN[10]基于独立性和专业技能需求对公众科学项目进行划分，发现独立性越强、专业技能需求越低的项目能够吸引越多的用户参与。再者，公众科学任务的本质决定了其对专业技能的需求不同于普通众包任务，不同的科学领域所需的专业技能不同，不同的任务所需的复杂性不同。如果需要完成的任务很复杂，会导致大众的参与度降低[7]。例如在 old weather 及星系动物园中，大众所具有的常识就能够很好地完成任务，参与人数众多。最后，反馈性在公众科学任务中也尤为重要。公众科学任务历时较长，如果在参与过程中能够得到反馈和认可，会让参与者感知胜任能力的提升，继续参与任务[27]。

2.3 游戏化设计

游戏化设计在企业的工作软件中可以增强用户体验，激发员工工作积极性[28]。在教育情境中，游戏化是一种新的战略，使得学习者更具有积极性，增强学习的效果[29]。R. N. LANDERS 等[30]利用目标设定理论探究排行榜的作用，提出排行榜中他人的得分可以作为参与者目标设定的基础，目标越高，参与者的表现越好。公众科学项目中外在的参与因素，如社区、软件等是吸引用户参与的关键要素，而内在参与因素，即对主题的兴趣是持续参与的关键要素[30]。

游戏化应用与公众科学的成功结合，促使学者们从多方面探索了游戏化应用对公众科学的影响。A. BOWSER 等[26]实验发现获取徽章和与他人的竞争等动机促使用户参与到公众科学。E. MASSUNG 等[31]探索了 3 种公众科学的任务设计方式对公众参与的影响，分别为无游戏化的任务、加入了点数的任务，同时加入点数和货币奖励的任务。结果表明，游戏化的应用能够增强公众的表现，参与者在完成任务时更有效率并且持续参与意愿更强。从动机角度研究发现，参与公众项目的动机有乐趣，贡献意识，虚拟社区感等，游戏化应用能够对维持参与者的动机，是持续参与的主要因素[32-33]。

综上所述，现有公众科学研究主要采用描述性方法对公众科学的项目类型和任务类型进行归纳与总结[2,11]，然而很少有学者从公众科学任务特征的角度研究其影响效应。此外，从公众参与行为视角来看，较少学者研究探讨公众科学项目中任务特征对参与动机的影响。同时，由于公众科学项目具有一定的专业性，需要通过优化项目设计给用户带来乐趣，激发用户的参与动机，将游戏化与公众科学项目设计有效结合是一种激励大众参与的方法，是吸引公众参与的关键要素。目前游戏化在公众科学项目设计中的应用已出现，但是如何通过游戏化设计提升用户参与意愿的理论研究还比较缺乏。因此，笔者将综合分析公众科学项目的任务特征，参与者的心理需求，并结合游戏化设计，探究影响用户参与意愿的影响因素，从而构建公众科学参与者行为影响因素模型，旨在为公众科学项目设计提供指导，丰富游戏化设计的理论研究。

3 模型构建与研究假设

3.1 研究模型

任务特征是工作或者任务本身所具有的属性特征，工作特征模型提出工作特征通过对员工的心理状态产生影响，进而对其积极性及工作成果产生影响，模型强调了工作特征与员工之间的心理交互作用。参与者的激励问题及工作设计问题两者是密切联系的[34]，自我决定理论指出人类行为由其心理基本需求被满足程度决定，其提出自主、胜任、归属这三种基本心理需求能够对个体的内在动机及行为产生显著的影响作用[35]。因此本文将基于工作特征模型，并结合上文梳理的公众科学任务特性，主要从 4 个特性即重要性、互依性、复杂性、反馈性出发，借助自我决定理论的 3 种基本心理需求，建立公众科学用户参与意愿研究模型，如图 1 所示：

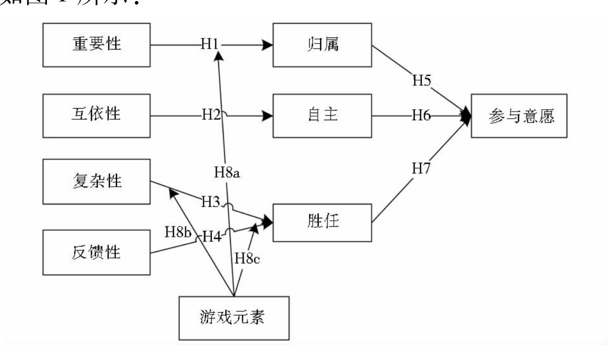


图 1 公众科学参与者行为影响因素模型

3.2 任务特征对参与者心理需求的影响

（1）重要性是指公众科学任务的意义，任务的重要性能够满足个体的归属心理需求，其感受到完成任务能够对他人的工作和生活带来积极影响[35]。当参与者感知到任务是有意义时，会产生一种使命感，愿意投入更多的时间和精力完成任务[27]，同时能够与社会成员产生更密切的关系，有更强的归属感。因此，提出如下假设：

H1：重要性对归属产生正向影响作用。

（2）互依性是任务之间联系的密切程度，当互依性越强，即参与者完成任务与他人完成任务依赖性强，会降低参与者在完成任务过程中的自主性。任务之间的联系越密切会导致个体自由选择的程度越低，受到的限制越多，因此，提出如下假设：

H2：互依性对自主产生反向影响作用。

（3）任务的复杂性是指任务内容繁多，参与者在任务解决过程中需要不断寻求方法。H. C. ZHENG等[22]在众包研究中发现易于分析的众包任务对用户的内在积极性产生正向的影响作用，当众包任务难以解决、问题难以分析时会降低用户的积极性。M. G. MARTINEZ[36]验证了众包任务的简单可解与用户的物理参与和认知参与有正向的关系。任务的复杂性越低，参与者对自我胜任能力具有信心。因此，提出如下假设：

H3：复杂性对胜任产生反向影响作用。

（4）反馈性指参与者能够及时得到所完成任务的执行情况，当个体的表现得到赞同时，会带来愉快并且增加了下一次表现的信心，因此收到对自我表现的反馈能够提高参与者在工作中的自我效能并且可以提升完成任务的自豪感和热情。获得他人参与情况的反馈会让参与者提升自己完成目标的设定，自我效能感也会增强[37]。因此，提出如下假设：

H4：反馈性对胜任产生正向影响作用。

3.3 参与者心理态度对参与意愿的影响

（1）归属是参与者通过参与公众科学与研究人员保持密切联系，同时完成任务能够对项目组甚至是社会大众有帮助，会产生一种归属的心理状态。参与公众科学任务是一种对别人的帮助以及知识的分享，归属的心理状态对参与者的参与行为有促进作用[27]。因此，提出如下假设：

H5：归属对用户参与意愿有正向影响作用。

（2）自主是指个体在参与任务时有足够的自主选择的权利，能够自由选择完成的时间及如何完成任务。众包任务的自主性通过内在动机对参与意愿产生正向的影响作用[22]。当参与者的自主需求得到满足时，会产生内在动机激励其参与行为。因此，提出如下假设：

H6：自主对用户参与意愿产生正向的影响作用。

（3）胜任是指公众在参与公众科学中的自信程度及自我胜任能力的感知程度。顺利完成一项任务后所带来的自我效能感会促使个体更愿意在任务中坚持或者努力突破自我。在对众包用户持续参与研究中，自我肯定能够保持用户的参与意愿[38]。在大数据众包活动中，自我效能对用户参与行为有积极的影响作用[39]。因此，提出如下假设：

H7：胜任对用户参与意愿产生正向的影响作用。

3.4 游戏元素的调节作用

（1）传统游戏元素的应用，如点数、排行榜，能够带给参与者更多的激励，感受到来自任务的反馈及与同伴之间的交流、竞争[33]。排行榜能够使参与者观察到自身与他人级别的对比情况，更了解其他参与者的完成情况。个体与其他参与者交互密切会给个体带来更强的归属感。在相同的公众科学任务中，游戏形式会让参与者感知到更多的归属。因此，提出以下假设：

H8a：当加入游戏元素时，重要性与归属的正向关系增强。

（2）如果得到来自他人对自我行为的确认，公众自我效能得到提升，将会感受到更多的乐趣，进而具有较高的参与意愿[40]。点数的获取是一种动态的过程，在获取时参与者会产生成就感。当排名上升时，参与者认为自己的努力成果获得了荣誉。点数的获得能够让参与者感觉到任务容易完成，自信程度不断增强[34]。排行榜排名的上升、点数的累加给参与者带来任务完成情况的反馈。直接的反馈能够使他们得到对自我能力的肯定，F. A. ANDRES 等[41]在研究中也发现使用反馈性的游戏元素可以增加游戏者对胜任能力的感知。在相同的任务设计下，增加游戏化应用给参与者带来直接的反馈性，能够增强自我效能，对反馈性、复杂性与自我效能之间的关系产生调节作用。因此，提出以下假设：

H8b：当加入游戏元素时，复杂性与胜任的反向关系减弱；

H8c：当加入游戏元素时，反馈性与胜任的正向关系增强。

4 研究设计

4.1 实验设计与量表设计

目前我国尚无成熟的公众科学项目，本研究仿照英国星系动物园科学联盟（Zooniverse）的自然图片标注项目构建公众科学任务。该项目收集了大量春秋季节景色变化的图片，要求参与者对图中叶子颜色、凋零情况进行辨识标注，以发现春秋植物的变化及近年来气候变化对植物和环境的影响。本文采用组间实验法，开发实验平台，邀请实验参与者针对自然图片回答问题。见图2 和图3，实验组具有累计得分及排行榜游戏元素，对照组为无游戏化设计的公众科学项目。实

验参与者被随机分配到实验组和对照组中,在参与任务后,完成问卷调查。

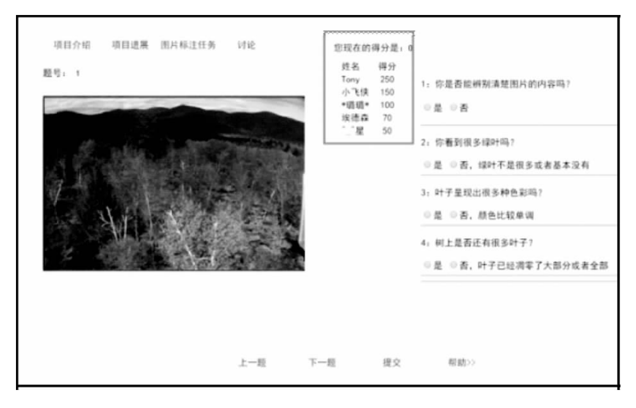


图 2　有游戏元素的公众科学任务



图 3　无游戏元素的公众科学任务

问卷采用李克特(Likert)7 级量表,题项主要来源于国内外文献,并结合本文研究目的进行修改。任务特征测量项借鉴了 F. P. MORGESON 和 S. E. HUMPHREY[42]的工作特征设计量表,游戏化设计测量项借鉴了 M. WITT 等[43]关于游戏元素的量表,基本心理需求测量项来源于自我决定理论的量表[44]。为了保证问题测量的有效性,在问卷初稿设计完成后,采用焦点小组法邀请专家学者及研究生对问题进行分类,根据分类结果对各指标问题进行了修改和完成,最终形成含有 25 个问题项的量表。

4.2　预测试

本文首先进行预测试调查,以确保调查工具的信度和效度,收取了 100 份问卷进行分析。利用 Cronbach's α 值来评估信度,通过 SPSS 软件检验了量表的整体信度为 0.827,各个因子的信度均高于 0.7 的测量标准。KMO 值为 0.82,Bartlett 检验的显著性为0.000,数据适合作因子分析。采用最大方差法旋转后的成分矩阵,虽然特征值大于 1 的只有 8 个成分,但由于第 9 个成分的累计方差贡献率超过 70%,即证明第 9 个成分仍可接受,与已设定的变量相符。因此验证测量工具是有效的,但是为了使问题更加明确,对重要性和反馈性的测量项进行表述上的修正。

5　数据收集与分析

5.1　实验过程

主实验通过校园招募及网络平台招募的方式发布链接邀请实验对象参加。接受邀请的参与者通过打开链接进入到公众科学项目平台,系统将参与者随机分配到实验组或对照组。在正式任务开始前,参与者首先对 3 组图片题目进行回答,确保所有参与者对该类型任务具有一致的经验。随后进入正式任务,正式任务有 10 组图片,参与者通过回答问题完成对图片的标注。所有图片标注完成后,参与者完成问卷部分。主实验最后共获取 506 份有效数据,其中高校学生收回问卷 337 份,猪八戒平台收回问卷 169 份。在现实邀请及网络邀请中,参与者的性别特征比例大体一致,年龄段均多数分布在 20－40 岁之间,学历主要集中于本科水平。在样本中男性比例 45%,女性比例 55%,大学本科学历占了 81.6%,因为实验进行随机分组,最终满足两组样本的比例与整体样本比例一致。

为了检验实验控制是否有效,对实验组和控制组中参与者对游戏元素感知的回答进行独立样本 T 检验,分别对 3 个测量项进行检验,结果显示有游戏元素的组别中参与者对游戏元素的评分均值显著高于对照组($t = 5.791$, $p < 0.001$),可以认为两组对游戏元素回答的均值差存在显著差异,本实验控制有效。

5.2　信度与效度检验

验证性因子分析中,一般 Cronbach's α 系数大于 0.7,组合信度 CR 大于 0.8,可以认为测量项的设计是可靠的,问卷具有较高的稳定性[45];平均抽取方差 AVE 大于 0.5,则说明问卷收敛效度较好。问卷的信度及效度分析见表 1。从中可以看出,除了反馈性和互依性的组合信度没有能够大于 0.8,其他因子的指标均能到达理性标准。尽管如此,反馈性和互依性的组合信度值接近于 0.8,笔者认为还是可以接受的。

对于区别效度的检验,本文通过其相关系数矩阵来进行判断。由表 1 结果可以看出,因子 AVE 值的平方根要大于和其他因子的相关系数。但是重要性与反馈性,自主与胜任需求之间的相关系数较高,为了检测是否符合区别效度,本文将两两相关系数高的变量进行合并后再次拟合。合并前后只相差一个自由度,但是卡方值相差较大,因此可以验证原模型的区别效度通过检验。

表 1　变量相关系数矩阵

	组合信度 CR	Cronbach's α	平均抽取方差	重要性	反馈性	复杂性	互依性	游戏元素	自主	胜任	归属	参与意愿
重要性	0.824 7	0.823	0.616	0.78								
反馈性	0.750 5	0.746	0.600 7	0.63	0.77							
复杂性	0.831 3	0.82	0.626 4	-0.21	-0.20	0.80						
互依性	0.787 6	0.785	0.556 9	0.17	0.07	0.16	0.75					
游戏元素	0.894 8	0.891	0.741 1	0.13	0.17	-0.08	0.27	0.86				
自主	0.813 2	0.806	0.595	0.32	0.30	-0.40	-0.09	0.12	0.77			
胜任	0.860 5	0.86	0.672 9	0.40	0.40	-0.42	-0.06	0.09	0.65	0.82		
归属	0.846 4	0.84 2	0.648 7	0.41	0.55	-0.09	0.30	0.26	0.34	0.44	0.81	
参与意愿	0.872 7	0.86 9	0.696 2	0.45	0.46	-0.27	0.03	0.16	0.52	0.58	0.55	0.83

5.3　结构方程模型检验

本研究采用 LISREL8.70 版本，通过协方差结构模型、最大方差法对模型参数进行估计，从而分析各个因素对公众科学中用户参与意愿的影响。通过进行模型的运算，由表 2 拟合优度指标结果均满足要求可知模型具有较强的数据拟合能力，可用于验证研究假设。在基于协方差的 SEM 模型中，可以采用测度项之积法进行调节效应的验证。在反映性模型，如果测度工具的信度或者载荷比较高即 0.7 以上，可以使用两阶段 SEM 法进行检验。本文测度工具的信度均大于 0.7，因此采用该方法验证游戏元素的调节作用。具体的模型路径系数和假设检验结果见图 4。

表 2　拟合优度指标

拟合优度指标	χ^2/df	RMSEA	GFI	NFI	NNFI	IFI	CFI
研究结构	2.9	0.062	0.88	0.94	0.95	0.96	0.96
理想标准	<5	<0.08	>0.8	>0.9	>0.9	>0.9	>0.95
是否符合	是	是	是	是	是	是	是

注：$^{*}p<0.05$，$^{**}p<0.01$，$^{***}p<0.001$

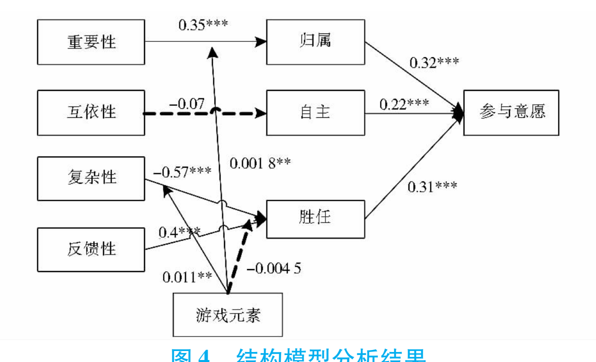


图 4　结构模型分析结果

注：$^{*}p<0.05$，$^{**}p<0.01$，$^{***}p<0.001$

（1）任务特征的主效应。图 4 是本文提出的研究模型的检验结果。从心理需求对参与意愿的影响来看，H5、H6、H7 均达到显著性水平，假设成立。归属心理、自主心理、胜任心理对参与意愿均存在正向的影响作用。因此，当公众科学任务设计能够满足个体的 3 个基本心理需求时，会对其参与意愿有显著影响。从任务特征角度来看，重要性对归属有正向影响作用，假设 H1 成立。当公众科学任务越重要，个体认为项目的完成对社会及自身生活产生有意义，会有贡献意识的驱使，并会产生强烈的社会归属感。互依性对自主的影响作用不显著，假设 H2 不成立。比较合理的解释是参与者尚未接触过公众科学任务，用户没有能够清楚感知任务的独立性与依赖性。而且实验中在加入排行榜时，部分用户认为自身完成任务依赖于他人的完成情况，他人完成的越多将会激励自己完成的更多，因此对于互依性问题项的回答也可能产生偏差。复杂性对胜任有显著的反向影响作用，H3 成立，反馈性对胜任有显著的正向影响作用，H4 成立。当任务越复杂，需要的解决能力越强，会降低参与者的胜任感。而在完成任务的过程中，及时让参与者得知其目前的完成数量以及项目完成的情况，会让个体更有成就感或者提升自我效能，激发参与的积极性。

（2）游戏元素的调节效应。由于游戏元素的加入，参与者对游戏元素的感知不一样会对其行为有不同效果的影响作用，对游戏元素越在意，对其影响程度更显著[38]，因此本文不是将游戏元素作为简单的类别变量，而是作为潜变量测量不同参与者的感知程度，判断其对得分及排行榜的关注程度，以更有效地验证模型中其产生的调节作用。对于游戏元素的调节作用，重要性与游戏元素的积测度项对归属有显著的正向影响作用（$\beta = 0.001\,8$，$p<0.05$），重要性对归属存在正向的影响作用，因此加入游戏元素后，其正向影响作用得到增强，假设 H8a 成立。复杂性与游戏元素的积测度项对胜任有显著的正向影响作用（$\beta = 0.011$，$p <$

0.05)，而复杂性对胜任具有反向的影响作用，因此游戏元素的加入，复杂性与胜任的反向关系减弱，假设H8b成立。而反馈性与游戏元素的积测度项对胜任的关系与假设相反（$\beta = -0.0045$，$p < 0.001$），假设H8c没有通过检验。排行榜的应用，能够让参与者感受到他人对项目的关注程度及参与积极性程度，在相同的任务形式中，游戏形式给参与者带来了更强的归属感。因此对重要性与归属心理的关系具有显著的调节作用。通过得分的累加，排行榜等级的上升，参与者获得地位的提高，对自身胜任能力更有自信。游戏元素的加入给个体更多的反馈，增强了自我效能。因此在相同的任务设计下，当加入游戏元素时，复杂性与胜任的反向关系减弱。但是反馈性与胜任的正向关系增强这一假设没有能够通过验证，在模型中反馈性与胜任的正向关系反而被减弱。可能的解释是排行榜有时候反而是一种降低积极性的作用，因为参与者看到他人的得分高，有时候会造成一种无法企及的感觉，作为反馈时反而降低其胜任感。

6 讨论与结语

6.1 总结与建议

随着公众科学的发展，参与科学研究成为人们日常生活的一部分。越多的人参与到项目中，越能为项目的进展提供重要的帮助。公众科学任务能够借由大众参与的力量，群体的智慧，给科研工作带来巨大的价值。在有着大量馆藏资源、文化遗产的图书馆、档案馆等机构中，其能够充分利用公众对其资源完善、古籍分类等开展公众科学项目研究，利用群体参与及群体智慧帮助管理者获取更经济的问题解决方案[3]。因此，本文通过研究公众科学的任务特征，旨在为项目设计提供指导意见，以促进广大群体的参与，有助于在大数据环境下的知识创新。

目前对于公众科学的研究侧重于对其类型及特征进行归纳总结，如何从实践角度研究公众科学任务，从而吸引大众的参与；如何持续吸引大众参与到科学项目中都有待进一步的深入。本文的理论贡献在于结合工作特征模型分析公众科学中影响用户行为的任务特征，将自我决定理论的三项基本心理需求引入工作特征模型，通过建立与基本心理需求之间的关系，对参与意愿产生影响，能够为任务设计提供有效的依据。研究游戏元素对任务设计的影响作用不仅能够丰富现有的研究，并且能够验证其对任务特征与心理需求之间的路径关系产生调节作用，可以为任务设计提供有效的指导建议。

本研究为公众科学任务设计提供以下主要建议。第一，个体参与每一个活动，都有其心理需求，当基本心理需求得到满足时，才能促使个体持续参与活动中。本文验证了归属、自主、胜任3个心理需求对参与者的参与意愿有积极的作用。因此，在公众科学项目中，一个好的设计应该要尽可能满足参与者的归属、自主、胜任需求。第二，如何满足个体的归属需求，从任务特征角度出发，每个人都有着贡献意识，都对社会有强烈的归属需求，项目与大众的生活更密切相关，重要性越强，会促使公众的积极参与。因此项目要表述清楚其意义及重要性，让用户能够了解任务的实质性内涵，增强其归属感，激发参与意愿。第三，为了满足个体的胜任需求，任务设计中要将任务的复杂性降低，减少完成任务的繁琐程序，并降低对用户的挑战性，能够提升用户的胜任感，增强参与积极性。同时任务完成过程中要注重设计反馈信息，及时的反馈对用户有着重要的意义，他们不仅能够了解自身的完成情况，还能够了解项目的进展，对其参与有直接的影响作用。第四，目前游戏化的应用越来越多，通过实验证明游戏元素对于任务特征与心理需求之间的关系存在调节作用，游戏化的应用对于公众科学任务的设计有积极的影响作用。游戏元素除了能够带给参与者乐趣，还能够使得参与者在竞争中获得归属感，同时增强对胜任能力的感知，能够有效增强用户的参与积极性。因此将游戏化应用于公众科学项目中是一个有效地吸引更多个体参与的办法。

6.2 不足与展望

本文也存在着较多的局限与不足。首先，在模型的构建上可以进行更多的探索和实践，由于不同类型的公众科学项目所具有的特征不同，对参与者参与的要求也不同，因此可以进一步深入研究不同类型公众科学项目的任务特征，及其对参与者的影响过程。其次，由于我国目前尚无成熟的公众科学项目平台，无法对其参与者进行调查研究。本文模拟的项目尽可能地完善本文所归纳的任务特征，但是对只参与一次的参与者调研不能完全替代参与过众多项目的个体的调研，可能对任务特征的感知存在偏差。未来的研究可以结合具体的数字人文平台，检验公众科学模式对数字人文知识服务创新的推动作用。最后，在游戏化应用的探讨上，本文只研究了得分和排行榜两种游戏元素的应用，没有能够全面考虑所有游戏元素的影响作用，未来的研究可以进一步研究更丰富的游戏化设计，

不同程度的游戏元素如何影响参与者的行为,甚至是每一种游戏元素的影响作用。

参考文献:

[1] 张九庆. 科研众包对中国科研活动的影响[J]. 中国科技论坛, 2015(3):1.

[2] SHIRK J, BALLARD H, WILDERMAN C, et al. Public participation in scientific research: a framework for deliberate design[J]. Ecology and society, 2012, 17(2):29-48.

[3] 赵宇翔. 科研众包视角下公众科学项目刍议:概念解析、模式探索及学科机遇[J]. 中国图书馆学报, 2017, 43(5):42-56.

[4] 庞建刚, 刘志迎. 科研众包式科技创新研究——基于网络大众科技创新投入的视角[J]. 中国软科学, 2016(5):184-192.

[5] 黄敏聪. 公民科研的兴起及图书馆的角色[J]. 图书情报工作, 2014,58(14):59-62.

[6] 王晔. 科研众包模式下图书馆支持服务研究[J]. 图书馆研究, 2017, 47(4):62-65.

[7] 张绍丽, 郑晓齐. 科研众包网络模式创新及其实现路径[J]. 中国科技论坛, 2016(9):5-10.

[8] GEIGER D, SCHADER M. Personalized task recommendation in crowdsourcing information systems-current state of the art[J]. Decision support systems, 2014, 65(C) : 3-16.

[9] 卫垌圻, 姜涛, 陶斯宇, 等. 科研众包——科研合作的新模式[J]. 科学管理研究, 2015, 33(2):16-19.

[10] FRANZONI C, SAUERMANN H. Crowd science: the organization of scientific research in open collaborative projects[J]. Research policy, 2014, 43(1):1-20.

[11] WIGGINS A, CROWSTON K. From conservation to crowdsourcing: a typology of citizen science [C]// Proceedings of the 2011 44th hawaii international conference on system sciences. Hawai: IEEE Computer Society, 2011: 1-10.

[12] KOBORI H, DICKINSON J L, WASHITANI I, et al. Citizen science: a new approach to advance ecology, education, and conservation[J]. Ecological research, 2016, 31(1):1-19.

[13] SAGARRA O, GUTIERREZROIG M, BONHOURE I, et al. Citizen science practices for computational social sciences research: the conceptualization of pop-up experiments[J]. Frontiers in physics, 2016, 3:93.

[14] PREECE J. Citizen science: new research challenges for human-computer interaction[J]. International journal of human-computer interaction, 2016, 32(8):585-612.

[15] CRAIN R, COOPER C, DICKINSON J L. Citizen science: a tool for integrating studies of human and natural systems[J]. Annual review of environment & resources, 2014, 39(1):641-665.

[16] DICKINSON J L, ZUCKERBERG B, BONTER D N. Citizen science as an ecological research tool: challenges and benefits[J]. Annual review of ecology & systematics, 2011, 41(1):149-172.

[17] PILNY A, KEEGAN B, WELLS B, et al. Designing online experiments: citizen science approaches to research[C]// Proceedings of the 19th ACM conference on computer supported cooperative work and social computing companion. San Francisco: ACM, 2016: 498-502.

[18] 牛毅冲, 赵宇翔, 朱庆华. 基于科研众包模式的公众科学项目运作机制初探——以 Evolution MegaLab 为例[J]. 图书情报工作, 2017,61(1):5-13.

[19] 樊文强, 王志博, 韩颖颖. 开放式科研模式分析及对高校科研运作的改变[J]. 现代远程教育研究, 2016(3):59-68.

[20] GADIRAJU U, DEMARTINI G, KAWASE R, et al. Human eeyond the machine: challenges and opportunities of microtask crowdsourcing[J]. IEEE intelligent systems, 2015, 30(4):81-85.

[21] ESTELLES A E, GONZALEZ L D G. Towards an integrated crowdsourcing definition [J]. Journal of information science, 2012, 38(2):189-200.

[22] ZHENG H C, LI D H, HOU W H. Task design, motivation, and participation in crowdsourcing contests[J]. International journal of electronic commerce, 2011, 15(4):57-88.

[23] 师蕾. 中国众包平台用户参与行为影响因素研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2012:1-34.

[24] FINNERTY A, KUCHERBAEV P, TRANQUILLINI S, et al. Keep it simple: reward and task design in crowdsourcing [C]// Proceedings of the biannual conference of the Italian chapter of SIGCHI. Trento: ACM, 2013: 1-4.

[25] CHIU C M, LIANG T P, TURBAN E. What can crowdsourcing do for decision support? [J]. Decision support systems, 2014, 65(1):40-49.

[26] BOWSER A, HANSEN D, HE Y, et al. Using gamification to inspire new citizen science volunteers [C]// Proceedings of the first international conference on gameful design, research and applications. Toronto: ACM, 2013: 18-25.

[27] ARISTEIDOU M, SCANLON E, SHAROLES M. Profiles of engagement in online communities of citizen science participation [J]. Computers in human behavior, 2017, 74:246-256.

[28] ERDOS F, KALLOS G. Benefit evaluation model for gamified add-ons in business software[J]. Acta polytechnica hungarica, 2014, 11(5):109-124.

[29] FIGUEROA F J F. Using gamification to enhance second language learning[J]. Digital education review, 2015, 27: 32-54.

[30] LANDERS R N, BAUER K N, CALLAN R C. Gamification of task performance with leaderboards: a goal setting experiment[J]. Computers in human behavior, 2015,71(1):508-515.

[31] MASSUNG E, COYLE D, CATER K F, et al. Using crowdsourcing to support pro-environmental community activism[C]// Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems. Paris: ACM, 2013: 371-380.

[32] IACOVIDES I, JENNETT C, CORNISH T C, et al. Do games attract or sustain engagement in citizen science? A study of volunteer motivations[C]//CHI '13 extended abstracts on human factors in

computing systems. Paris: ACM, 2013: 1101－1106.

[33] CURTIS V. Motivation to participate in an online citizen science game a study of foldit[J]. Science communication, 2015, 23(6): 967－974.

[34] 孟亮. 基于自我决定理论的任务设计与个体的内在动机:认知神经科学视角的实证研究[D]. 杭州:浙江大学, 2016:21－30.

[35] DECI E L, RYAN R M. The "what" and "why" of goal pursuits: human needs and the self-determination of behavior [J]. Psychological inquiry, 2000, 11(4): 227－268.

[36] MARTINEZ M G. Solver engagement in knowledge sharing in crowdsourcing communities: Exploring the link to creativity[J]. Research policy, 2015, 44(8):1419－1430.

[37] HAMARI J. Transforming homo economicus into homo ludens: a field experiment on gamification in a utilitarian peer-to-peer trading service[J]. Electronic commerce research & applications, 2013, 12(4):236－245.

[38] 仲秋雁，王彦杰，裘江南. 众包社区用户持续参与行为实证研究[J]. 大连理工大学学报(社会科学版), 2011, 32(1):1－6.

[39] 吴金红，陈强，鞠秀芳. 用户参与大数据众包活动的意愿和影响因素探究[J]. 情报资料工作, 2014(3):74－79.

[40] LINDENBERG S. Intrinsic motivation in a new light[J]. Kyklos, 2001, 54(2/3):317－342.

[41] ANDRES F A, APARICIO S F, et al. Analysis and application of gamification [C]// Proceedings of the 13th international conference on interacción persona-ordenador article. Elche: ACM, 2012: 1－2.

[42] MORGESON F P, HUMPHREY S E. The work design questionnaire (WDQ): developing and validating a comprehensive measure for assessing job design and the nature of work[J]. Journal of applied psychology, 2006, 91(6):1321－1339.

[43] WITT M, SCHEINER C, ROBRA B S. Gamification of online idea competitions: insights from an explorative case[C]// Proceedings of informatic 2011 – informatik schafftcommunities, lecture notes in informatics. Berlin: Informatik schafft communities, 2011:192－206.

[44] DECI E L, CONNELL J P, RYAN R M. Self-determination in a work organization[J]. Journal of applied psychology, 1989, 74(4):580－590.

[45] FORNELL C, LARCER D F. Evaluating structural equation models with unobservable variables and measuremenr error[J]. Journal of marketing research, 1981,18(1): 39－50.

作者贡献说明:

周鑫雪:提出研究思路,设计论文框架,收集相关数据,撰写论文并修改;

汤健:提出研究方向和修改意见,文字指导;

王天梅:确定论文选题,提出修改意见,文字指导。

An Experiment on the Impact of Task Characteristics and Gamification on Participation Intentions in Citizen Science

Zhou Xinxue　Tang Jian　Wang Tianmei

School of Information, Central University of Finance and Economics, Beijing 100081

Abstract: [**Purpose/significance**] This paper investigates the impacts of task characteristics and gamification design on user participation intentions in citizen science, which is a form of scientific crowdsourcing-based service that recruits the general public to collaborate and conduct scientific research. Findings of this research will provide some guidance to task design and gamification application in citizen science projects. [**Method/process**] Drawing upon the job characteristic theory and self-determination theory, this paper proposes a model of the influencing factors for participation intention in citizen science projects, which explains how the task characteristics of citizen science can influence the basic psychological needs of the public and then influence the willingness of participation, and further describes how gamification design moderates the impacts of task characteristics on basic psychological needs. A between-subject experiment was conducted to collect data and the structural equation modelling was used to validate the proposed research model. [**Result/conclusion**] Research findings showed that three psychological needs had positive impacts on participation intentions. Task significance had a positive impact on relatedness and task feedback had a positive impact on competence; task complexity had a negative effect on competence. Particularly, gamification design has a moderate effect on the relationship between task characteristics and basic psychological needs.

Keywords: citizen science　task characteristics　self-determination theory　gamification　participation intention